

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 843 246 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.05.1998 Patentblatt 1998/21

(51) Int. Cl.⁶: **G05D 7/00**

(21) Anmeldenummer: **97119745.4**

(22) Anmeldetag: **11.11.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstrecksstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **12.11.1996 DE 19646665**

(71) Anmelder:
**Linde Aktiengesellschaft
65189 Wiesbaden (DE)**

(72) Erfinder:
**Klane, Bernd, Dipl.-Ing.
81234 München (DE)**

(74) Vertreter: **Kasseckert, Rainer
Linde Aktiengesellschaft,
Zentrale Patentabteilung
82049 Höllriegelskreuth (DE)**

(54) Durchflussregelung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Dosieren von kompressiblen Fluiden, insbesondere von Treibmitteln wie N₂ oder CO₂, wobei dem im Verbraucher (Extruder, RIM-Maschine, Doppelbandanlage) geförderten Trägermaterial ein Treibmittel mit hohem Druck zugeführt wird und die Menge des Treibmittels mit einem Druckregelventil (V) geregelt wird, welches die Druckdifferenz über einer starren Drossel (D) konstant halten kann, wobei die Druckdifferenz in Abhängigkeit vom Durchfluß (x) des Treibmittels geregelt wird. Erfindungsgemäß werden Druckschwankungen des Arbeitsdruckes schnell kompensiert, ohne auf den Durchflußregler zu wirken. Dadurch ist die Gefahr vermindert, daß der Durchflußregler in Regelschwingungen kommt.

EP 0 843 246 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Dosieren von kompressiblen Fluiden, insbesondere von Treibmitteln wie N_2 oder CO_2 , wobei dem im Verbraucher (Extruder, RIM-Maschine oder Doppelbandanlage) geförderten Trägermaterial das Treibmittel mit hohem Druck zugeführt wird und die Menge des Treibmittels mit einem Druckregelventil geregelt wird, welches die Druckdifferenz über einer starren Drossel konstant halten kann.

Bekannte Verfahren zur Herstellung aufgeschäumter Kunststoffe verwenden Treibmittel, die unter Normalbedingungen gasförmig vorliegen und die mit hohem Druck einer plastischen, meist thermisch erweichten Kunststoffmasse zugeführt und mit dieser homogen vermischt werden. Bei der anschließenden Entspannung dieses Gemisches auf Normaldruck tritt eine durch das Treibmittel hervorgerufene Aufschäumung des Kunststoffs ein.

Der geschmolzene Kunststoff wird in dem Extruder mittels Schneckengewinden zu einer Austrittsdüse gefördert. An einer bestimmten Stelle des Extruders wird das flüssige Treibmittel zugegeben, das sich mit dem Kunststoff auf dem Weg zur Austrittsdüse vermischt. Um die Produktionsqualität bei diesem Verfahren unverändert aufrechtzuerhalten, müssen die Massenströme von Treibmittel und Kunststoff jeweils konstant und zueinander proportional bleiben. Andernfalls wird der aus der Düse extrudierte Kunststoff unterschiedlich stark aufgeschäumt. Produktionsfehler und Ausschuß sind die Folge, die den Herstellungsprozeß unrentabel machen würden.

Die Anforderung, der Kunststoffmasse einen genau dosierten Treibmittelstrom zuzuführen, wird bisher für Flüssigkeiten mittels Dosierpumpen gelöst. Da in zunehmendem Maße auch verdichtete Inertgase als Treibmittel Verwendung finden, müssen für diese neue Dosiereinrichtungen eingesetzt werden. Üblicherweise werden solche Inertgase mittels eines Stellventils in flüssiger oder überkritischer Phase dosiert. Das Stellventil wird dabei mittels eines vorgeschalteten Druckminderers mit einem konstanten Vordruck versorgt. Der Hinderdruck des Stellventils ist durch den Massedruck der Kunststoffschmelze gegeben. Sinkt z.B. dieser Massedruck ab, muß der Treibmittelfluß durch das Stellventil gedrosselt werden. Während des Extruderbetriebes betragen die Druckschwankungen hinter dem Stellventil bis zu etwa 10 bar. Diese Druckschwankungen des Massedruckes müssen ständig vom Stellventil ausgeglichen werden, was einen bestimmten Mindeststellbereich dieser Stellventile erfordert.

Bei einer RIM-Maschine (Reaction-Injection-Moulding) oder einer Doppelbandanlage wird einem Reaktionsgemisch oder einer einzelnen Reaktionskomponente das Treibmittel in einem genauen Massenverhältnis zudosiert.

Bekannt ist aus dem Prospekt "Maximato® GID-

Technik" der Schmidt, Kranz & Co. GmbH, Zorge/Harz, Gasdosiersysteme, bei denen die Gasmenge von einem hochdynamischen Druckregelventil geregelt wird. Dieses Druckregelventil kann die Druckdifferenz über eine starre Drossel konstant halten, wodurch Druckschwankungen des Verbrauchers kompensiert werden. Vorteilhaft dabei ist, daß die Eliminierung von Störungen durch Druckschwankungen sehr schnell (in der Regel < 1 s) erfolgen kann. Nachteilig ist, daß der Bediener hier keinen Durchfluß vorgeben kann, sondern nur einen bestimmten Druck. Eine Drift wird dadurch nicht verhindert.

Aus der DE 43 05 866 ist ein Gasdosierverfahren bekannt, bei dem der Druck hinter dem Stellventil mittels eines Druckhalteventils konstant gehalten und die Menge des Treibmittels direkt in Abhängigkeit von der geförderten Kunststoffmasse geregelt wird. Diese Lösung hat den Vorteil, daß der Bediener den Durchfluß vorgeben kann, der dann eingeregelt wird. Nachteilig dabei ist, daß die Eliminierung von Störungen durch Druckschwankungen nur relativ langsam (> 10 s) ausgeregelt werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Dosierung von kompressiblen Fluiden vorzuschlagen, bei dem während des gesamten Dosierbetriebes der gewünschte Treibmittelfluß zuverlässig zum Verbraucher gelangt und damit die Qualität der Endprodukte zeitlich unverändert bleibt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Druckdifferenz in Abhängigkeit des Durchflusses (x) des Treibmittels geregelt wird.

Die Druckdifferenz über der Drossel wird also im Gegensatz zum Stand der Technik nicht konstant gehalten, sondern von einem Durchflußregler bestimmt.

In einer bevorzugten Ausführung wird der Druck nach der Beziehung $P_1 = P_2 + \Delta p$ durch das Druckregelventil eingestellt, wobei P_2 der Druck hinter der Drossel ist, Δp proportional dem Stellgrad y des Durchflußreglers ist und eine Funktion von (x - w), wobei x der aktuelle Durchfluß und w der Sollwert des Durchflusses ist. Δp wird also von einem stetig arbeitenden Regler mit PI-Verhalten ermittelt aus der Abweichung des aktuellen Durchflusses vom vorgegebenen Sollwert.

Die Erfindung erreicht folgende Vorteile: Drucksprünge und -schwankungen des Arbeitsdruckes P_2 werden schnell (< 1 s) kompensiert, ohne auf den Durchflußregler zu wirken. Somit bleibt der Stellgrad y des Durchflußreglers konstant. Der Regler ist nicht in der Gefahr in Regelschwingungen zu kommen. Die Regelstrecke erreicht durch diese Kombination erfindungsgemäß ein ungewöhnlich schnelles Regelverhalten, ohne deswegen zur Instabilität zu neigen.

Als Drossel kann eine Blende, ein Handventil oder ein Stellventil verwendet werden. Diese Drosselorgane weisen folgende Merkmale auf:

Blende

- Vorteil: Starr im Drosselverhalten ohne Drift, Fehleinstellung nicht möglich.
- Nachteil: Der Arbeitsbereich einer Blende ist bezüglich verschiedener Durchflußmengen begrenzt.

Handventil

- Vorteil: Als Drossel variabel bezüglich verschiedener Durchflußmengen.
- Nachteil: Über längere Zeit ist eine Drift vorhanden; es ist eine Fehleinstellung möglich.

Stellventil

- Vorteil: Arbeitsbereich bezüglich verschiedener Durchflußmengen ist groß. Über eine definierte Ansteuerung ist der Drosselwert reproduzierbar.
- Nachteil: Höherer Aufwand für Steuerung und Ventil.

In einer bevorzugten Ausführung werden ein oder zwei PI-Regler verwendet, die durch eine speicherprogrammierbare Steuerung oder durch einen Prozeßregler dargestellt werden.

In einer weiteren Ausführung der Erfindung kann der Arbeitsdruck P_2 entweder direkt in der Leitung gemessen werden, oder er wird aus einer bereits bestehenden Prozeßgröße ermittelt. Bei Extrudern kann dies z.B. durch den Schmelzdruck erfolgen, bei RIM-Maschinen durch den Polyol- oder Isozyanatdruck.

Die Erfindung eignet sich insbesondere zur Herstellung von Kunststoffschäumen in Extrudern, RIM-Maschinen oder Doppelbandanlagen. Sie eignet sich aber ebenso zum Aufschäumen von Stärke, zum Einbringen von Treibmitteln in Flüssigkeiten, wie Lakken, Milch oder Kaffee, zum nachfolgenden Verdüsen. Ihre Anwendung ist stets dann günstig, wenn es darauf ankommt, ein kompressibles Fluid unter hohem Druck und mit hoher Genauigkeit in der Menge einem Trägermaterial zuzudosieren.

Weitere Vorteile, Merkmale und Ausgestaltungen der Erfindung sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus dem nachfolgenden Ausführungsbeispiel, das anhand der einzigen Figur näher erläutert wird.

Die Figur zeigt eine erfindungsgemäße Durchflußregelung am Beispiel eines Extruders. Die Figur zeigt den Extruder E, der mittels einer Leitung mit Hochdruckgas versorgt wird. Vorgesehen ist dazu das Druckregelventil V, die Drossel D, die Regler RF für den Durchfluß und RP für den Druck, die Messgeräte P_1 und P_2 für den Druck vor der Drossel D und dahinter, sowie das Durchflußmeßgerät FT an einer beliebigen Stelle im Strang.

Die Funktion ist wie folgend: Vor dem Druckregelventil V, das z.B. ein schnellregelndes (hochdynamisches) 3/3-Wegeventil sein kann, steht der hohe Gasdruck von ca. 400 bar des Aufschäumgases, hier kann z.B. CO_2 oder N_2 verwendet werden. Dem Regler RF werden als Eingangsgrößen der Sollwert w und der Durchfluß x gegeben. Aus der Regelabweichung ermittelt der Regler RF den Stellgrad y z.B. in Form von einem Signal 0-10 V. Zu diesem Signal wird das Drucksignal von P_2 in Form von 0-10 V addiert. Aus der Addition ergibt sich der Sollwert für den Druckregler RP. Dieser setzt über das hochdynamische Druckregelventil V das Signal "Sollwert P_1 " in den Druck P_1 um. Typische Einstellwerte sind ca. 200-300 bar für P_1 und 150-250 bar für P_2 . Erfindungsgemäß wird der Druck P_1 nun nicht konstant eingestellt, sondern enthält ein Korrekturglied Δp , das eine Funktion der Differenz des aktuellen Durchflusses x vom Sollwertdurchfluß w ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Dosieren von kompressiblen Fluiden, insbesondere von Treibmitteln wie N_2 oder CO_2 , wobei dem im Verbraucher (Extruder, RIM-Maschine, Doppelbandanlage) geförderten Trägermaterial ein Treibmittel mit hohem Druck zugeführt wird und die Menge des Treibmittels mit einem Druckregelventil (V) geregelt wird, welches die Druckdifferenz über einer starren Drossel (D) konstant halten kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckdifferenz in Abhängigkeit vom Durchfluß (x) des Treibmittels geregelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Druck hinter dem Druckregelventil (V) nach der Beziehung $P_1 = P_2 + \Delta p$ eingestellt wird mit

P_2 = Druck hinter der Drossel (D)
 $\Delta p \sim y = F(x-w)$, proportional dem Stellgrad y des Reglers RF für den Durchfluß
 x = aktueller Durchfluß
 w = Sollwertdurchfluß.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein oder zwei PI-Regler verwendet werden, die durch eine speicherprogrammierbare Steuerung oder einen Prozeßregler dargestellt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Arbeitsdruck (P_2) entweder in der Leitung gemessen wird oder aus einer bereits bestehenden Prozeßgröße berechnet wird.
5. Anwendung eines Verfahrens eines der vorhergehenden Ansprüche zur Herstellung von Kunststoff-

schäumen, zum Aufschäumen von Stärke, zum Einbringen von Treibmitteln in Flüssigkeiten (Lacke, Milch, Kaffee usw.) zum nachfolgenden Verdüsen.

6. Vorrichtung zur Durchführung eines der vorhergehenden Verfahren, **gekennzeichnet durch** ein hochdynamisches Druckregelventil (V), eine Drossel (D), Druckmeßstellen (P_1 , P_2) vor und hinter der Drossel (D), einen Durchflußmesser (FT), ein Additionsglied, einen Regler (RF) für den Durchfluß und einen Regler (RP) für den Druck.

15

20

25

30

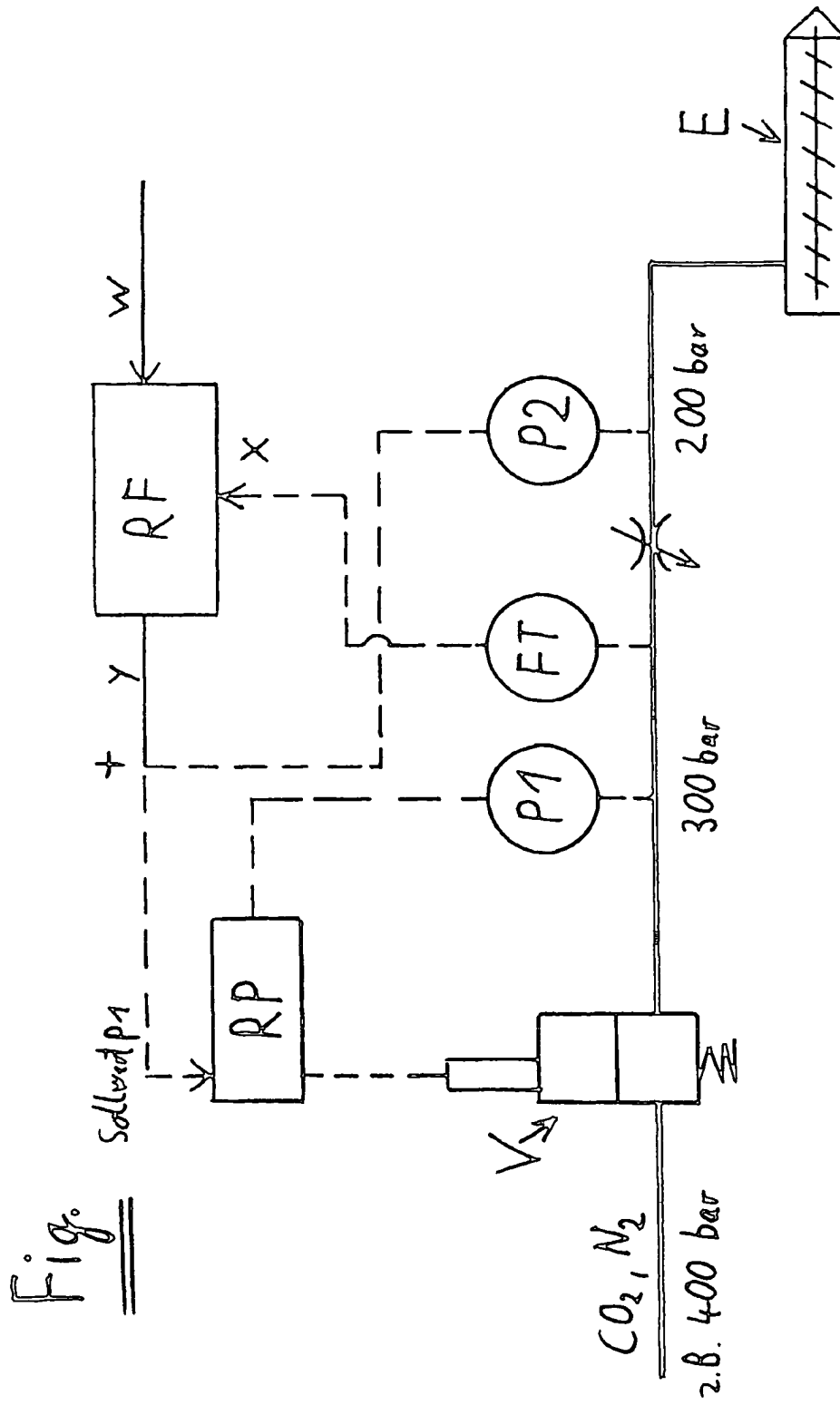
35

40

45

50

55



(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 843 246 A3**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:
17.06.1998 Patentblatt 1998/25

(43) Veröffentlichungstag A2:
20.05.1998 Patentblatt 1998/21

(21) Anmeldenummer: 97119745.4

(22) Anmeldetag: 11.11.1997

(51) Int. Cl.⁶: **G05D 7/00**, B29C 67/20,
B29D 23/00, B01F 5/00,
B29C 44/34

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 12.11.1996 DE 19646665

(71) Anmelder:
**Linde Aktiengesellschaft
65189 Wiesbaden (DE)**

(72) Erfinder:
**Klone, Bernd, Dipl.-Ing.
81234 München (DE)**

(74) Vertreter: **Kasseckert, Rainer
Linde Aktiengesellschaft,
Zentrale Patentabteilung
82049 Höllriegelskreuth (DE)**

(54) Durchflussregelung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Dosieren von kompressiblen Fluiden, insbesondere von Treibmitteln wie N₂ oder CO₂, wobei dem im Verbraucher (Extruder, RIM-Maschine, Doppelbandanlage) geförderten Trägermaterial ein Treibmittel mit hohem Druck zugeführt wird und die Menge des Treibmittels mit einem Druckregelventil (V) geregelt wird, welches die Druckdifferenz über einer starren Drossel (D) konstant halten kann, wobei die Druckdifferenz in Abhängigkeit vom Durchfluß (x) des Treibmittels geregelt wird. Erfindungsgemäß werden Druckschwankungen des Arbeitsdruckes schnell kompensiert, ohne auf den Durchflußregler zu wirken. Dadurch ist die Gefahr vermindert, daß der Durchflußregler in Regelschwingungen kommt.

EP 0 843 246 A3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 11 9745

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,Y A	DE 43 05 866 A (LINDE AG) 1.September 1994 * Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 3, Zeile 31; Ansprüche 1-4; Abbildung 1 * ---	1,4,6 2,3,5	G05D7/00 B29C67/20 B29D23/00 B01F5/00 B29C44/34
Y A	EP 0 286 015 A (NORDSON CORP) 12.Oktober 1988 * Seite 6, Zeile 8-33 * * Seite 8, Zeile 12 - Seite 9, Zeile 32; Abbildungen 1,5 * ---	1,4,6 2,3,5	
A	US 4 211 523 A (HUNERBERG EDWARD C) 8.Juli 1980 * Spalte 1, Zeile 7-18 * * Spalte 4, Zeile 1 - Spalte 8, Zeile 23; Abbildung 1 * -----	1-6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B29C B29D B01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 9.April 1998	Prüfer Pierron, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

Description

[0001] The invention concerns a method of metering out compressible fluids, especially blowing agents like N_2 or CO_2 , whereby the blowing agent adds the material being conveyed to the user (extruder, RIM machine or dual-belt system) at high pressure, and the amount of blowing agent is regulated by a pressure-control valve, which can keep the pressure differential constant with a fixed restrictor.

[0002] The known methods of producing foamed plastics use blowing agents that come in the form of a gas under normal conditions and are added under high pressure to a plastic, mostly a thermally softened plastic mass, and are mixed homogeneously with it. When the mixture is finally put under normal pressure, the blowing agent causes the plastic to foam.

[0003] The molten plastic is conveyed into the extruder by a worm drive to an output nozzle. At a certain place on the extruder, the fluid blowing agent is added, which is mixed with the plastic on the way to the outlet nozzle. To keep the production quality unchanged in this method, the flowing blowing agent and plastic mass must remain constant and proportional to one another. Otherwise, the plastic extruded from the nozzle will foam very differently. Production defects and waste are the result, which would make the production process unprofitable.

[0004] The need to add a precisely metered stream of blowing agent to the plastic mass was met in the past by flow metering pumps. Since compressed inert gases are also increasingly being used as blowing agents, new metering devices must be used for them. Usually, such inert gases are metered by means of a control valve in the liquid or hypercritical phase. The control valve is supplied with constant precompression by means of a pressure reducer connected upstream. The back pressure of the control valve is due to the pressure of the mass of plastic melt. For example, if the pressure of the mass drops, the blowing agent must be restricted by the control valve. When the extruder is operating, the pressure fluctuations between the control valve range up to roughly 10 bar. These fluctuations in the pressure of the mass must be constantly offset by the control valve, which means the valve must have a certain minimum control range.

[0005] On an RIM machine (reaction-injection molding) or a dual-belt system, the blowing agent is metered in a precise mass ratio to the reaction mixture or an individual reaction component.

[0006] Gas-metering systems in which the amount of gas is controlled by a high-dynamic pressure control valve are known from the brochure "Maximator® G/D-Technik" from Schmick, Kranz & Co. GmbH, Zorge/Harz. This pressure-control valve can keep the pressure difference constant with a fixed restrictor,

which offsets pressure fluctuations of the user. Its advantage is that it can eliminate problems due to pressure fluctuations very quickly (as a rule < 1 sec). The disadvantage is that the operator here cannot preset the flow, but only set a certain pressure. This does not prevent drift.

[0007] A gas-metering method is known from DE 43 05 866 in which the pressure downstream from the control valve is kept constant by means of a pressure-control valve, and the amount of blowing agent is controlled directly in relation to the plastic mass being conveyed. This solution has the advantage that the operator can preset the flow, which is then controlled. The disadvantage is that the elimination of problems due to pressure fluctuations can only be controlled relatively slowly (> 10 s).

[0008] The problem of the invention is therefore to propose a method of metering compressible fluids in which the desired flow of blowing agent is reliably sent to the user all through the metering operation and so the quality of the final product stays the same over time.

[0009] The invention solves this problem by controlling the pressure difference as a function of the flow (x) of blowing agent.

[0010] The pressure difference is thus not kept constant by the restrictor, unlike the state of the art, but is determined by a flow controller.

[0011] In one preferred embodiment, the pressure is set by the pressure-control valve according to the relation $P_1 = P_2 + \Delta p$, whereby P_2 is the pressure downstream from the restrictor, Δp is proportional to the regulation ratio y of the flow controller and a function of $(x-2)$, whereby x is the actual flow and w is the desired flow value. Δp is thus determined by a controller that works constantly with PI to find the deviation in actual flow from the predetermined desired value.

[0012] The invention has the following advantages: pressure jumps and fluctuations in working pressure P_2 are offset quickly (< 1 sec), without affecting the flow regulator. Thus, the regulation ratio y of the flow controller remains constant. The controller is in no danger of control fluctuations. Because of this combination in the invention, control over the path is unusually fast with no tendency toward instability.

[0013] A screen, manual valve or control valve can be used as the restrictor. These restrictor organs have the following features:

Screen

[0014]

Advantage: Fixed restriction, without drift, wrong setting not possible.
Disadvantage: The working range of a screen is limited in terms of different flow quantities.

Manual valve:

[0015]

Advantage: Variable as a restrictor in terms of different amounts of flow
Disadvantage: There is drift over a longer period of time, wrong setting is possible.

Control valve

[0016]

Advantage: Working range is large in terms of different amounts of flow. The restrictor valve is reproducible by defined drive.
Disadvantage: Higher expense for control and valve.

[0017] In one preferred embodiment, one or two PI controllers are used, which are represented by a programmable memory control or by a process controller.

[0018] In another embodiment of the invention, the working pressure P_2 can be measured either directly in the line, or is determined from an existing process variable. On extruders, this can be done, for example, with the melt pressure and on RIM machines with the polyol or isocyanate pressure.

[0019] The invention is particularly suited for the production of plastic foams in extruders, RIM machines or dual-belt systems. But it is also suitable for foaming starches, for putting blowing agents into liquids like paint, milk or coffee, for subsequent atomization. Its is always suitable for use when there is a compressible fluid under high pressure that must be metered under high pressure into a carrier material with high precision in terms of amount.

[0020] Other advantages, features and embodiments of the invention, as well as a device for implementing the method, can be found in the following example of embodiment, which is explained in greater detail using the single figure.

[0021] The figure shows a flow control according to the invention, using an extruder as an example. The figure shows the extruder E, which is supplied with high-pressure gas through a line. The system provides a pressure-control valve V, the restrictor D, controllers RF for the flow and RP for the pressure, measurement devices P₁ and P₂ for the pressure downstream and upstream from the restrictor D, and the flow measurement device FT on either side in the line.

[0022] It works as follows: Upstream from the pressure-control valve V, which can be, for example, a fast-control (high-dynamic) 3/3-way valve, the gas pressure is approximately 400 bar of foaming gas. CO₂ and N₂ can be used here, for example. The initial variables given to the RF controller are the desired value w and the flow x. From the control deviation, the controller RF determines the regulation ratio y, for example, in the form of a signal 0-10 V. The pressure signal from P₂ in the form of 1-10 is added to this signal. This addition gives the desired value for the pressure controller RF. It converts the signal "Desired Value P₂" into Pressure P₁ with the high-dynamic pressure valve V. Typical set values are approx. 200-300 bar for P₁ and 150-250 bar for P₂. According to the invention, pressure P₁ is not set constantly now, but contains a correction term Δp , which is a function of the difference between the actual flow x and the desired flow w.